

MIKROKLIMA UND BODENWASSERVERHÄLTNISSE AUSGEWÄHLTER STANDORTE IM ALETSCHEGEBIET (SILBERSAND, ALETSCHWALD, RIEDERFURKA, BETTMERHORNKAMM)

von Thomas Mosimann ¹ und Barbara Baumgartner ¹

RÉSUMÉ

Le microclimat et le régime des eaux dans le sol de quelques sites choisis de la région d'Aletsch (Silbersand, Aletschwald, Riederfurka, Bettmerhornkamm)

Cet article présente le régime de la température, de l'évaporation et de l'humidité du sol de quatre points typiques de la réserve d'Aletsch et de son environnement. Ces points de mesures géo-écologiques s'étendent de la zone subalpine (1860 m) jusqu'à la zone alpine (2480 m). Ce travail commente les séries de mesures géo-écologiques obtenues pendant les mois de juillet à mi-octobre 1981-1983 et les différentes réactions de ces quatre stations. Il est illustré par plusieurs figures, représentant particulièrement les conditions de l'été 1983. En plus de ces facteurs microclimatiques mentionnés, la caractérisation de ces stations est complétée par des données obtenues pendant les étés 1982 et 1981 et par la présentation de facteurs importants (p. ex. du sol).

EINFÜHRENDE BEMERKUNGEN

Einleitung

Das Mikroklima und der teilweise damit zusammenhängende Bodenwasserhaushalt sind wichtige Standortsfaktoren. Besonders im Sinne der grossen Wasser- und Wärmeangebote bestimmen sie zu einem erheblichen Teil die Wuchsbedingungen während der Vegetationszeit. Direkt und indirekt hängen davon auch die Humus- bzw. Bodenbildung, sowie Stoffverlagerungen im Boden ab. Die Kenntnis mikroklimatischer und bodenwasserhaushaltlicher Vorgänge erhält

¹ Geographisches Institut der Universität Basel, Klingelbergstr. 16, 4056 Basel.

somit für das Verständnis von Standortfunktionen im Bezugssystem «bodennahe Luftschicht – Vegetation – Humusdecke – Boden» grundlegende Bedeutung. Wegen der engen Bindung an Boden und Klima werden diese Vorgänge in geowissenschaftlicher Perspektive betrachtet.

Vergleichende Untersuchungen über geoökologische Funktionen subalpiner und alpiner Standorte werden seit Jahren vom Geographischen Institut (Physiogeographie und Geoökologie) der Universität Basel in der Subarktis und in den Zentralalpen durchgeführt. Im Zentralalpengebiet laufen während der Vegetationszeit jeweils 22 Messstationen; vier dieser Messstellen liegen an repräsentativen Standorten im Aletschgebiet. Hier wird nun ausschnittsweise über einige vorläufige Ergebnisse der Messungen zu den Temperaturbedingungen, zur klimaabhängigen Verdunstung (Evaporation) und zur Charakterisierung des Bodenwasserhaushaltes berichtet.

Untersuchungsstandorte

Es wurden vier für den Aletschwald und die nähere Umgebung typische Standorte ausgewählt. Zwei Standorte befinden sich im Reservat, zwei ausserhalb des Schutzgebietsperimeters. Die Untersuchungsstandorte liegen in einer Höhenabfolge zwischen 1860 m bis 2480 m, erstrecken sich also von der untersten subalpinen bis in die alpine Stufe. Einige allgemeine Angaben werden im folgenden kurz zusammengefasst:

Standort «Silbersand» 1860 m. ü.M.

Exposition:	NW
Neigung:	28°
Geländeform:	kuppiger Hang, blockreich
Bodentyp:	Rohboden-Ranker (Regosol)
Humusform:	extrem feinhumusarmer Rohhumus
Substrat:	Moränenmaterial
Vegetationsgesellschaft:	Moränensukzessionsstadium 4 (<i>Salix-Trifolium-Rhododendron</i>) (nach J.L. RICHARD, 1968 S. 12)

Standort «Aletschwald» 1969 m ü.M.

Exposition:	NW
Neigung:	27°
Geländeform:	stark durch Kleinformen gegliederter Hang (z.T. mit stuftenartig angeordneten Kleinkuppen durchsetzt)

Bodentyp:	Eisenhumuspodsol
Humusform:	moderartiger Rohhumus
Substrat:	Stark feinmaterialführender Gehängeschutt (umgelagertes Moränenmaterial)
Vegetationsgesellschaft:	<i>Rhododendro-Cembretum</i> , Subassoziation mit <i>Calamagrostis</i> (nach J.L. RICHARD, 1968 S. 16)

Standort «Riederfurka» 2080 m ü.M.

Exposition:	NW
Neigung:	22°
Geländeform:	kuppig-höckeriger Hang
Bodentyp:	Eisenhumuspodsol
Humusform:	alpiner Moder
Substrat:	blockige, grundmoränenähnliche Lockermaterialdecke, stellenweise feinmaterialreich
Vegetationsgesellschaft:	Rhododendron-Heide

Standort «Bettmerhornkamm» 2480 m ü.M.

Exposition:	—
Neigung:	2°
Geländeform:	muldenartig eingebuchtete Kammverflachung, höckerig-blockig gegliedert
Bodentyp:	Nanopodsol-Ranker
Humusform:	alpiner Moder
Substrat:	Fels
Vegetationsgesellschaft:	polsterartiger Wechsel von <i>Loiseleuria-Cetraria</i> Teppichen und <i>Elyna</i> -Rasen

Messgrössen

Geoökologische Untersuchungen umfassen ein vielseitiges Messprogramm. Es werden Elemente und Vorgänge des Standortsklimas, des Wasserhaushaltes, des Bodens, des Stoffhaushaltes im Boden und Indikatorgrossen standortshaushaltlich wichtiger Funktionen erfasst. Gesamthaft ergibt sich ein «Messgarten», wie er bei TH. MOSIMANN (1983) beschrieben wird. Als Beispiel zeigt Abb. 1 die Messstation «Silbersand». Die einzelnen Messgrössen im Rahmen der erwähnten Untersuchungen sind:

- Temperatur (Lufttemperatur, Bodenoberflächentemperatur, Bodentemperaturen),
- relative Luftfeuchte,
- mittlerer Luftumsatz,

- Evaporation (Verdunstungsanspruch der Luft),
- Niederschlag,
- Sickerwasser,
- Bodenfeuchte,
- Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung,
- Stickstofffreisetzung,
- Abbauaktivität im Humus.



Abb. 1. Geoökologische Messstation «Silbersand». Es sind sichtbar von links nach rechts: Wetterhütte, Verdunstungsmesser am Boden, Verdunstungsmesser 0,5 m über Boden (auf Drahtstativ), Niederschlagstotalisator, Stativ mit aufgehängten Ampullen für die Temperaturmessung nach der Invertzuckermethode.

La station météorologique de «Silbersand». Sont visibles, de gauche à droite: la hutte météorologique, l'évaporimètre au sol, l'évaporimètre à 0,5 m du sol, le totalisateur de précipitations, le statif contenant les tubes pour la mesure indirecte de la température.

Dazu kommt eine Fülle von beschreibenden Größen aus den Bereichen Relief, Boden, Humus und Vegetation.

Allgemeines zur Lufttemperatur

Für die Einordnung aller Temperaturmessungen im Gebiet stellt sich die Frage der Abweichungen der Lufttemperatur (2 m-Wert) von den durchschnittlichen regionalen Verhältnissen. Aus früheren Jahren existieren Messreihen von P.L. MERCANTON (1941) (Raum Riederfurka) und der ETHZ (nicht publiziert). Aus der fünfjährigen Messreihe von P.L. MERCANTON lassen sich wenig Aussagen ziehen, da dieser mit Ausnahme eines Einzelfalles keine Vergleiche anstellt. Eigene Messungen liegen für den Zeitraum Juli-Mitte Oktober in den Jahren 1981-1983 an den Standorten «Riederfurka» und «Silbersand» vor. Für allgemeine Aussagen ist diese Datenbasis noch zu schmal; es können erst einige tendenzielle Angaben zu den allgemeinen Lufttemperaturverhältnissen und dies natürlich nur für die Sommermonate gemacht werden. Die durchgeführten Vergleichsrechnungen beruhen auf Pentaden- (5 Tage) und Dekadenmittelwerten (10 Tage), welche für die Messzeiträume Juli-Mitte Oktober 1981 und 1982 berechnet wurden, und zwar für die Messstationen im Aletschgebiet und die Stationen Reckingen (1981)/Ulrichen (ab 1982) und Ried/Lötschen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) unter Berücksichtigung der aus langfristigen Messungen berechneten vertikalen Temperaturgradienten in der Region (für 1983 sind die Daten der SMA noch nicht verfügbar). Daraus lassen sich einige vorläufige, vorerst nur für die Messjahre gültige Aussagen machen. Diese Angaben sind also mit klimatologischer Statistik nicht erhärtet.

1. Die Mittel der Lufttemperatur des Standortes «Riederfurka» liegen im Sommer einige Zehntel Grad über dem für die Höhenlage zu erwartenden Wert. Für einzelne Pentaden wurden positive Abweichungen von 1-1.5° C gemessen. Diese Feststellungen decken sich mit den auf einem Beispielvergleich beruhenden Angaben von P.L. MERCANTON (1941, 2).
2. Die Temperaturmittel im «Silbersand» liegen in den Hochsommermonaten Juli und August 0.5-1° C über dem für diese Höhenlage zu erwartenden Normalwert. Im September 1981 hingegen wurden Normalwerte beobachtet.

3. Der mittlere Temperaturunterschied «Riederfurka» - «Silbersand» entspricht der zu erwartenden Differenz aufgrund des vertikalen Temperaturgradienten (ergibt sich auch aus (1) und (2) logischerweise). Einfluss von Kaltluft konnte am Messstandort «Silbersand» auch anhand einzelner nächtlicher Temperaturminima nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Die Mittel der Lufttemperatur weichen in der Tendenz leicht nach oben ab, zeigen aber keine wesentlichen Unterschiede zu den allgemeinen Verhältnissen. Die Lage im Becken des Aletschgletschers wirkt sich beim Standort »Silbersand« im Sommer nicht nachweislich auf die Lufttemperatur aus.

Temperaturbedingungen der Standorte

Die Temperaturmessungen wurden mit der Invertzuckermethode durchgeführt (L. STEUBING, 1965). Diese integrierende Methode liefert Mittelwerte für frei wählbare Perioden – in diesem Falle jeweils 30 oder 20 Tage Messzeitraum – und lässt sich sehr vielseitig anwenden, da die Ampullen mit der Versuchslösung (gepufferte Saccharose) überall aufgehängt, ausgelegt oder vergraben werden können. Die erhaltenen Werte stellen exponentielle Mittel dar (höhere Werte gehen stärker in die Mittelwertbildung ein), welche je nach der Temperaturcharakteristik der Messperiode 1.5-3° C höher als die klimatischen Mittel liegen. Die Temperaturprofile in Abb. 2 sind entsprechend korrigiert.

Auf Abb. 2 sind – wie auch für den Bodenfeuchtegang – die Verhältnisse des Sommers 1983 dargestellt. Es handelt sich also um relativ hohe Werte eines warmen Sommers. Dies ist für den Vergleich der Standorte nicht von Belang, die Gestalt der Kurven anderer Jahre zeigt hohe Ähnlichkeit. Aus dem Vergleich mit den Werten 1981 und 1982 ergibt sich, dass die Mittel für die Monate Juli und August in einem durchschnittlichen Jahr für die Luft- und Oberflächentemperaturen etwa 2-3° C tiefer und für die Bodentemperaturen etwa 1-4° C (je nach Standort sehr verschieden) tiefer liegen. Ein Vergleich der Temperaturverhältnisse an den verschiedenen Messstandorten (siehe Abb. 2, linke Seite) zeigt zunächst die charakteristische Gestalt der Temperaturprofile: die drei Standorte ausserhalb des Lärchen-Arvenwaldes erreichen das Maximum der Mitteltemperatur an der

Charakteristische Temperaturprofile Profil caractéristique des températures

Klimawerte Caractéristiques du climat

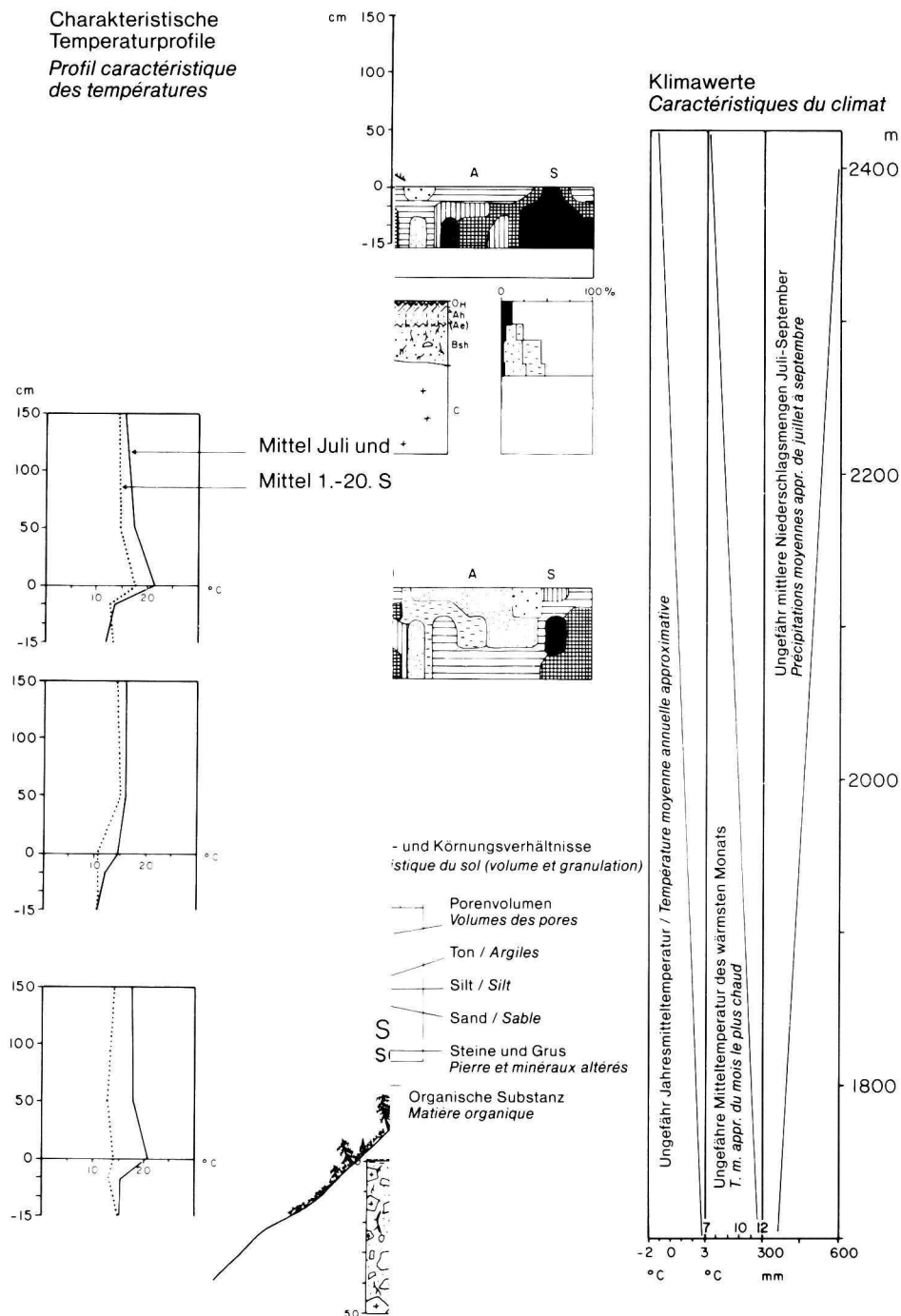


Abb. 2. Boden-, Bodenfeuchte-, Bode-
nisse in der Abfolge Silbersanc
Caractéristiques du sol, de l'h
température stationnelle sur u

0

Bodenoberfläche, ausgeprägter im Hochsommer als im Monat September. Im Aletschwald ist dagegen das Temperaturprofil viel ausgeglichener. Die Luft ist wärmer als die Bodenoberfläche und die Humusdecke. Ein schwach ausgeprägtes Maximum wird an der Obergrenze der Zwergstrauchschicht erreicht. In diesen Beobachtungen drückt sich der Einfluss des Bestandes auf die lokalen Temperaturverhältnisse aus, wobei an der fehlenden Ausprägung eines Maximums an der Bodenoberfläche die Beschattung durch die Bäume zwar mitbeteiligt ist, als Hauptursache jedoch die hohe, dichte Zwergstrauchschicht gelten kann. Hervorgehoben werden soll zudem besonders, dass sich der lockere Bestand kaum kühlend auf die mittleren Lufttemperaturen auswirkt, sind doch die Lufttemperaturen am Standort «Riederfurka» annähernd gleich wie am Messstandort «Aletschwald».

Beachtenswerte Mitteltemperaturen werden an der Bodenoberfläche an den Standorten «Silbersand», «Riederfurka» und «Bettmerhornkamm» erreicht. Die ausserordentlich hohe Durchschnittswärme in diesem Bereich, welcher der Lebensraum vieler alpiner Pflanzenarten ist, zeichnet sich durch eine ausserordentlich hohe durchschnittliche Wärme aus. Die Unterschiede der verschiedenen Standorte sind zudem trotz des unterschiedlich dichten und verschiedenartig gestalteten Bewuchses (s. 1.2) überraschend gering. Bis in die alpine Stufe kann keine Abnahme der Temperaturen an der Bodenoberfläche festgestellt werden (rund 600 m Höhenunterschied zwischen «Silbersand» und «Bettmerhornkamm»).

Die Mitteltemperaturen im Humus bzw. im oberen Mineralboden differenzieren sich deutlich. Im moderartigen Rohhumus des Eisenhumuspodsoles im Aletschwald liegt die Temperatur je nach der Jahreszeit 2-4° C tiefer als in den Böden der übrigen Standorte, eine Folge der Beschattung durch die Zwergstrauchschicht und der Isolierung durch die Moos- und Auflagehumusdecke. Zwischen 0-5 cm Tiefe ist die relative Abweichung nach unten noch ausgeprägter. Diese tieferen Temperaturen sind eine der Ursachen für die geringeren Zersetzungsraten, obwohl da die vorhandenen ausgezeichneten Feuchteverhältnisse die Zersetzung begünstigen würden.

Die höchsten oberflächennahen Bodentemperaturwerte (0 bis 5 cm) wurden im «Silbersand» gefunden, also im unvollständig bewachsenen Boden. Diese Werte liegen aber nur um wenige Grade höher als am Standort «Bettmerhornkamm». Diese ausgeprägte Erwärmung trägt zusammen mit der geringen Wasserhaltefähigkeit zur ho-

hen Austrocknungsneigung des Standortes «Silbersand» bei. Mit Ausnahme des «Bettmerhornkammes» zeigen alle Standorte einen jahreszeitlichen Unterschied der Temperaturschichtung im Boden. Im Hochsommer nimmt die Temperatur nach unten eher ab, da die Erwärmung langsam fortschreitet, im September (= Frühherbst) nimmt sie nach unten eher zu, da sich in Oberflächennähe im Boden bereits die nächtliche Abkühlung bemerkbar macht.

Im Vergleich mit anderen Gebieten lässt sich folgendes bemerken: Der Aletschwald nimmt im Vergleich zu sechs weiteren in etwa dieser Höhenlage untersuchten Beständen eine Mittelstellung ein. Er ist etwas kühler (etwa 1°C) als ein vergleichbarer Lärchenwald in S-Lage im obersten Lötschental, dagegen bis 2°C wärmer als Arven- bzw. Lärchen-Arvenwaldstandorte am Gemmi. Der «Silbersand» erreicht rund 2°C höhere Temperaturmittel als ein Vorfeld am Langgletscher mit vergleichbarem Sukzessionsstadium. Dies ist die Folge der relativ geschützten Lage des Messstandortes «Silbersand» in der grossen halbrundartigen Felseinbuchtung. Die Temperaturverhältnisse am Standort «Riederfurka» entsprechen den Bedingungen mehrerer vergleichbarer Standorte im oberen Lötschental. Zum Standort «Bettmerhornkamm» liegen noch keine Vergleichszahlen vor.

VERDUNSTUNG

Als Verdunstungsgrösse erfassen die eingesetzten Messeinrichtungen den Verdunstungsanspruch der Luft im Sinne der klimatisch möglichen Evaporation. Diese Werte sind unter der Voraussetzung ungehinderter Wassernachlieferung im Boden eine Annäherung an die realen Verdunstungsmengen, wie auch alle mit andern Messmethoden erfassten Verdunstungswerte. Der eingesetzte Verdunstungsmesser (Evaporimeter) und die der Umrechnung auf Bilanzwerte in mm zugrundeliegenden Eichungen sind bei TH. MOSIMANN (1983) beschrieben.

Auch für die Evaporation erfolgt eine beispielsartige Darstellung der Werte für den Sommer 1983. Diese Verdunstungsmengen sind natürlich wegen der hohen Wärme dieses Sommers überdurchschnittlich und liegen z.B. 40-50 % höher als die entsprechenden Werte des Sommers 1982 (siehe Abb. 3). Dies muss man sich bei der Betrachtung immer vergegenwärtigen.

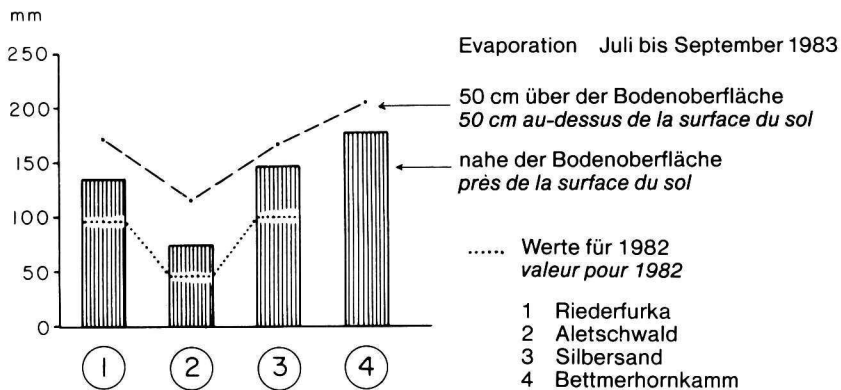


Abb. 3. Verdunstungsverhältnisse an ausgewählten Typstandorten im Aletschgebiet (Summen Juli-September).

Caractéristiques de l'évaporation de quelques stations choisies de la région d'Aletsch (somme des valeurs de juillet à septembre), au sol et 50 cm au-dessus de la surface du sol.

Abb. 3 soll die Standortsunterschiede illustrieren, welche erwartungsgemäss sehr deutlich in Erscheinung treten, da Wald-, Zwergstrauch- und Rasenstandorte in verschiedener Geländelage miteinander verglichen werden. Im «Aletschwald» erreicht die klimatisch mögliche Verdunstung nur etwa 50-65 % der Summen der übrigen Standorte. Die Abweichung nach unten ist für die bodennahe Verdunstung in der Zwergstrauchschicht noch ausgeprägter als in 50 cm Höhe über der Zwergstrauchschicht. Der starke Einfluss der Bodenvegetation im «Aletschwald» zeigt sich auch darin, dass hier der Unterschied zwischen der bodennahen und der «50 cm»-Verdunstung am grössten ist. Die Ursachen der viel geringeren Verdunstung im «Aletschwald» liegen zu einem kleinen Teil in der niedrigeren Wärme, vor allem aber in der höheren Luftfeuchte und in der schwachen Bewindung (Luftaustausch). Im Aletschgebiet wurden bisher keine Vergleichsmessungen der Windverhältnisse durchgeführt. Aus vielen Messungen im Lötschental und am Gemmi kann aber geschlossen werden, dass der Luftumsatz am Standort «Aletschwald» max. 15-40 % der an der «Riederfurka» oder am «Bettmerhornkamm» erreichten Werte beträgt. Es ist bekannt, dass unter sonst gleichbleibenden Bedingungen grob gerechnet eine Verfünfachung der Windgeschwindigkeit eine Verdoppelung der Verdunstung bewirkt.

Der hohe Luftaustausch durch häufigen Wind ist auch der Hauptgrund, dass am «Bettmerhornkamm» die höchsten potentiellen Verdunstungswerte erreicht werden. Die Messstation liegt dabei nicht einmal am exponiertesten Punkt, sondern 20 m tiefer als der Kammbereich seitlich am Vorderrand eines stufenartigen Absatzes. Hier wie auch bei der Station «Riederfurka» unterscheiden sich die bodennahe und die «50 cm»-Verdunstung nicht stark. In der untersten Luftschicht herrschen also relativ einheitliche Verhältnisse. Der «Silbersand» nimmt eine Mittelstellung ein. Der Einfluss des lockeren Lärchenwaldbestandes macht sich bemerkbar, wirkt sich jedoch quantitativ nicht sehr stark auf die lokalklimatisch möglichen Verdunstungssummen aus.

Die bodennahe Verdunstung zeigt ganz erhebliche Variationen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Dichte des Bewuchses und der Rauigkeit der Bodenoberfläche. Aus diesem Grunde werden überall mindestens drei Messgeräte an verschiedenen Stellen auf der Messparzelle eingesetzt. Die dargestellten Werte sind Mittel, von denen die Verdunstung an den einzelnen Messpunkten je nach den klimatischen Bedingungen der Messperiode meist bis zu 20 %, gelegentlich auch bis zu 60 % von der mittleren Verdunstungsmenge abweichen können. Dies gilt mehr oder weniger ausgeprägt für alle Messstandorte und zeigt die ausserordentliche standörtliche Variation der klimatischen Grösse Verdunstung.

STANDORTSWASSERHAUSHALTICHE ASPEKTE

Bodenfeuchte

Die Untersuchungen über die Bodenwasserverhältnisse (wie auch über die hier nicht besprochene Nährstoffdynamik) erstrecken sich über den Hauptwurzelraum der Zwergstrauch- bzw. Kraut- und Rauschschicht. Als einheitliche Tiefe wurde 0-30 cm festgelegt. Es ist klar, dass anhand dieser Werte nur beschränkt Aussagen über die Wasserversorgung der tiefer wurzelnden Bäume abgeleitet werden können. Was die Aussagekraft der Feuchteprofile anbetrifft lässt sich feststellen, dass sich die in 30 cm Tiefe gemessenen Feuchtwerte in Lockermaterialsubstraten (Moränen, Gehängeschutt) bis in 60-80 cm Tiefe nicht stark verändern. Die Diagramme mit den Bodenfeuchtegängen sind also mit einer «gedachten» Verlängerung nach unten für die gesamten Profile repräsentativ.

Die Bodenfeuchteprofile des Sommers 1983 sind für die durchschnittlichen Verhältnisse nicht unbedingt repräsentativ. Trotzdem sind sie sehr wertvoll und für die Betrachtung eines Austrocknungsverlaufes sogar geeigneter als die Profile eines Durchschnittssommers oder aus mehrjährigen Mittelwerten konstruierter Diagramme. Das Typische des Sommers 1983 ist nämlich, dass mögliche ökologische Grenzwerte in der Bodenwasserversorgung auch erreicht wurden. Wer die differenziert ausgetrockneten Vegetationsflächen im August beobachtet hat, kann dies aus eigener Anschauung bestätigen.

Für das Verständnis der dargestellten Bodenfeuchtegänge in Abb. 2 und der Bodenwasserbilanzen muss der Niederschlags- und Verdunstungsgang auf Abb. 4 mitbetrachtet werden. Es zeigt sich dabei folgendes: Die grössten Verdunstungsmengen erreicht der Juli mit gleichzeitig geringen Niederschlägen. Daraus resultiert ein ausserordentliches klimatisches Wasserdefizit. Im August fallen mehr oder weniger verteilt mässige Niederschlagsmengen, welche die Verdunstung ungefähr ausgleichen. Es ist aber kein Wasserüberschuss vorhanden, der das aufgebrauchte Bodenwasser ersetzen könnte. In der ersten Septemberhälfte fallen zwei ergiebige Niederschlagsschübe; zum ersten Mal im Verlauf des Sommers ist wieder Wasserüberschuss vorhanden. Dieser Witterungsverlauf hat den Bodenfeuchtegang gesteuert, der sich aber in Abhängigkeit der völlig verschiedenen geoökologischen Verhältnisse an den untersuchten Standorten sehr unterschiedlich ausprägt. Folgende Aspekte lassen sich kurz zusammenfassen:

1. Eine lange, aber an den Standorten völlig unterschiedlich ausgeprägte Austrocknungs- bzw. «Feuchteabnahme»-phase wird anfangs September durch einen hohen Niederschlagsschub von ungefähr 40 mm endgültig beendet.
2. Die Bodenwasserversorgung ist lediglich im «Silbersand» zeitweise nicht mehr gewährleistet. Die Bodenschicht von 0-30 cm trocknet im Juli und nach kurzem Unterbruch Anfang August auch im August fast völlig aus. Das Wasserhaltevermögen des Rohbodens im «Silbersand» ist extrem niedrig, eine Folge des hohen Skelettgehaltes (niedriges Porenvolumen) und des hohen Sandanteils von 80 % im Feinmaterial.
3. Günstige, mittlere und sehr konstante Feuchteverhältnisse herrschen im Eisenhumuspodsol des «Aletschwaldes». Diese Tatsache muss als Erscheinung eines trockenen Sommers besonders

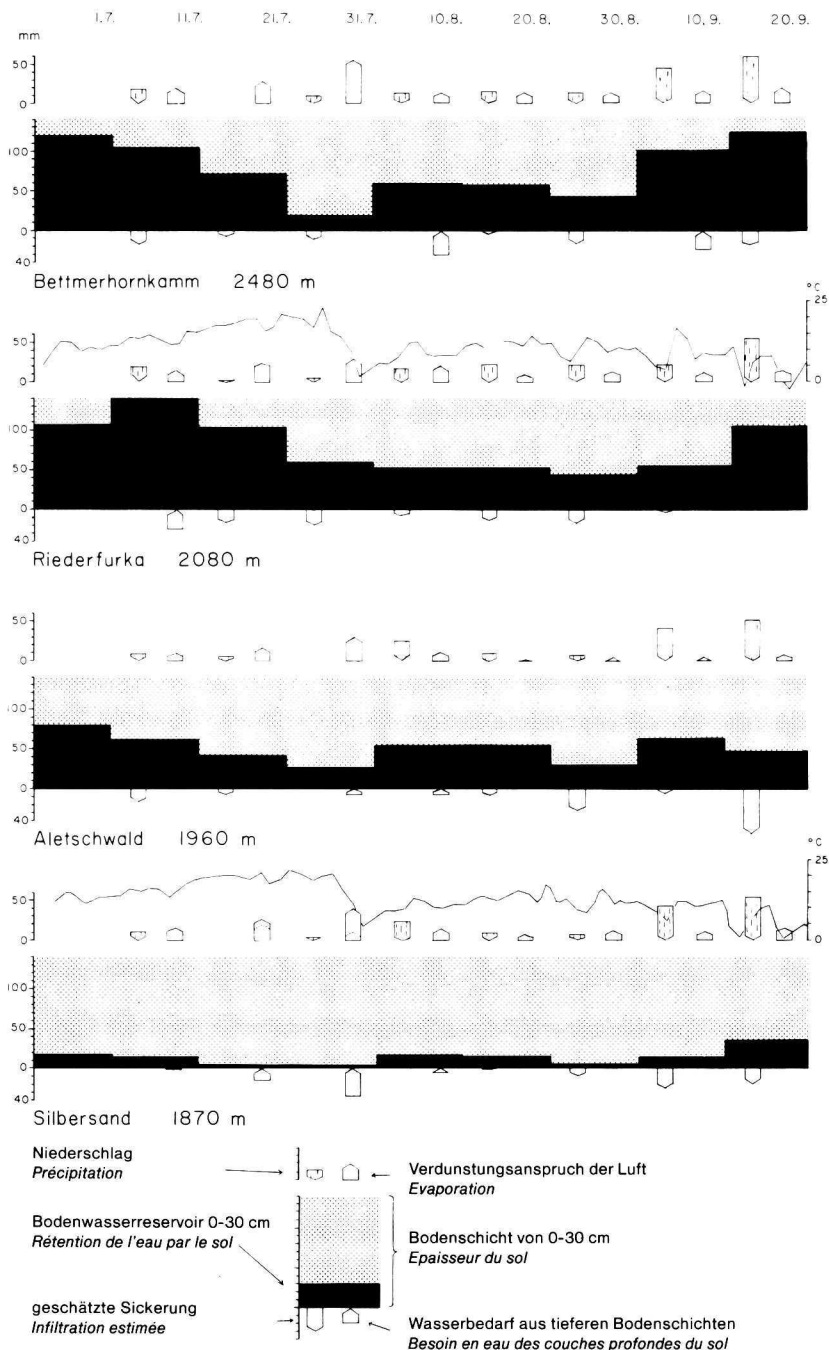


Abb. 4. Bodenwasserreservoir und geschätzte Standortwasserbilanzen für den Sommer 1983 (Dekadenwerte) mit dem Verlauf der Tagesmitteltemperaturen.
Capacité de rétention d'eau et bilan hydrique estimé pour l'été 1983 (moyennes par décades) comparée aux moyennes journalières de températures.

gewürdigt werden. Als mengenmässig guter Wasserspeicher erweist sich dabei vor allem der Mineralboden. Der Auflagehumus bleibt zwar meist feucht, enthält aber wegen der geringen Lagerungsdichte bilanzmässig wenig Bodenwasser.

4. Hohe Bodenfeuchte mit Vernässungstendenz nach der Schneeschmelze und nach Niederschlägen kennzeichnen den Standort «Bettmerhornkamm». In den feinen Vertiefungen der nur flachgründig mit Feinmaterial überdeckten Felsoberfläche sammelt sich Wasser. Sickerung kann nicht stattfinden, lediglich in gewissem Umfang seitlicher Abfluss. Der gleiche Effekt wirkt sich auch in den rinnen- und muldenartigen Vertiefungen im Kleinrelief des Hanges am Standort «Riederfurka» aus.

Bodenwasserbilanz und klimatische Wasserbilanz

Aus dem Verdunstungsanspruch der Luft, dem Niederschlag und der Bodenfeuchteänderung lässt sich die Bodenwasserbilanz grob abschätzen. Sie gibt Aufschluss über mögliche Sickerwassermengen und den Wasserbedarf aus tieferen Bodenschichten, und damit je nach dem Wassernachlieferungsvermögen des Bodens auch über die Verminderung der realen Verdunstung. Die Bodenfeuchteänderung nach Niederschlägen zeigt dabei sehr gut, wie ein Boden aufgrund seines Wasserhaltevermögens Niederschlagswasser speichern kann, bzw. wieviel Wasser durch Sickerung in die Tiefe für die Vegetation nicht mehr zugänglich ist.

Mit Abb. 4 wird versucht, diese bodenwasserhaushaltlichen Vorgänge zu veranschaulichen. Zur Darstellung kommt die Periode vom 1. Juli bis zum 20. September 1983, an dem die Messreihe aus organisatorischen Gründen abgebrochen werden musste. Das verfügbare Bodenwasserreservoir im Hauptwurzelraum wird graphisch hervorgehoben, da es sich um eine sehr wichtige wasserhaushaltliche Grösse handelt. Ein kurzer Kommentar zu den einzelnen Standorten soll die Darstellung verdeutlichen.

«Silbersand»: Das geringe Speichervermögen bestimmt alle bodenwasserhaushaltlichen Vorgänge. Die sommerliche Austrocknung lässt den Gesamtfeuchtegehalt in 0-30 cm unter 10 mm sinken. Der Wasserbedarf aus tieferen Bodenschichten wird dadurch sehr gross, kann aber nicht gedeckt werden, da diese kaum Wasser speichern. Die reale Verdunstung ist deshalb viel geringer, als

der klimatische Verdunstungsanspruch. Im August wirkt sich die geringe Bodenwasserspeicherkapazität wenig auf die Standortbedingungen aus, da der Niederschlag die Verdunstung mehr oder weniger zu decken vermag. Anfang September sättigt sich der Boden bis zu seinem maximalen Speichervermögen von ungefähr 35 mm/30 cm Tiefe auf. Die Tiefensickerung tritt wegen des geringen Speichervermögens im Vergleich zu den übrigen Standorten frühzeitig ein.

«Aletschwald»: Wie am Standort «Bettmerhornkamm» sickert auch im Juli noch Überschusswasser der winterlichen und frühjährlichen Aufsättigung in die Tiefe. Die allmähliche Feuchteabnahme im Hauptwurzelraum wirkt sich auf die Wasserversorgung nicht begrenzend aus, da die Schicht von 0-30 cm den maximal möglichen Wasserbedarf der Zwergstrauchschicht fast zu decken vermag. Es besteht also kein Wasserbedarf aus tieferen Bodenschichten, so dass dieses Speicherwasser für die Versorgung der Bäume zur Verfügung steht. Anfang September findet eine Aufsättigung auf den Juli-feuchtegehalt (vermutlich die ungefähre Speicherkapazität) statt, deshalb setzt bei weiteren Niederschlägen die Sickerung ein.

«Riederfurka»: Wie am «Bettmerhornkamm» (dort in verstärktem Mass durch Wasserstau) ist dieser Standort durch seitlich zufließendes Wasser beeinflusst; anders lassen sich die konstanten hohen Bodenwasserreserven nicht erklären. Was sich bilanzmässig als Wasserbedarf aus tieferen Bodenschichten ergibt, ist im Juli wasserhaushaltlich gesehen aber Zufluss von seitlichem Zuschusswasser. Eine geringe und regelmässige Sickerung findet den ganzen Sommer über statt. Dies liegt in der anfänglichen Aufsättigung über die Speicherkapazität (Feldkapazität) und in den anschliessenden vergleichsweise etwas höheren Niederschlägen und nicht eruierbarem Zuschusswasser begründet. Generell verfügt der untersuchte Eisenhumuspodsol über ein für subalpine Verhältnisse hohes Wasserspeichervermögen (siehe die starke Zunahme des Bodenwassergehaltes nach den Niederschlägen von Mitte September).

«Bettmerhornkamm»: Das bodenwasserhaushaltliche Verhalten dieses Standortes ist durch Wasserstau durch den Felsuntergrund bestimmt. Die zu- und wegführenden Bilanzglieder repräsentieren sehr kleinräumige laterale Wasserbewegungen über der unregelmässig geformten Felsoberfläche. Das Wasserdargebot ist für die Verdunstung stets ausreichend.

Zusammenfassung

Der vorliegende Aufsatz diskutiert Temperaturverhältnisse, Verdunstungsgang und -summen, Bodenfeuchtegang und die bodenwasserhaushaltlichen Verhältnisse an 4 repräsentativen Standorten im Aletschwald und seiner näheren Umgebung. Diese Aussagen basieren auf 3-jährigen Messreihen, die im Rahmen geoökologischer Untersuchungen während der Vegetationsperioden 1981-1983 gewonnen wurden. Die 4 Messstationen erstrecken sich von der untersten subalpinen Stufe bis in die alpine Stufe hinein und werden in vergleichender Betrachtung abgehandelt. Zur Darstellung auf verschiedenen Figuren gelangen insbesondere die Verhältnisse des Sommers 1983, während unterschiedliches Verhalten der beiden vorhergegangenen Jahre 1982 und 1981 sowie der Einfluss der Standortbedingungen (v.a. wichtiger Bodeneigenschaften) auf die untersuchten haushaltlichen Kenngrößen die Kurzcharakterisierung dieser Standorte abrunden.

Literaturverzeichnis

- BOUET, M. 1978. *Le Valais. Klimatologie der Schweiz*, Bd. II: *Regionale Klimabeschreibungen*, 1. Teil: 88-144, Zürich.
- KRAUSE, M. 1982. *Überblick über die pedologischen Verhältnisse auf einem Hangabschnitt des Aletschgebietes*. Materialien zur Physiogeographie 4: 71-76, Basel.
- MERCANTON, P.L. 1941. *La température de l'air en forêt d'Aletsch de 1936 à 1941*. Annalen der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt 77: 1-3, Zürich.
- MOSIMANN, TH. 1983. *Geoökologische Studien in der Subarktis und den Zentralalpen. Ein Vergleich*. Geograph. Rdsch. 35: 222-228, Braunschweig.
- 1983. *Ein Tankverdunstungsmesser nach dem Filterpapierprinzip zur Bestimmung des Verdunstungsanspruchs der Luft*. Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B, 33: 289-299.
- PATERNOSTER, M. 1981. *Colonisation par la végétation et pédogenèse initiale sur les moraines latérales historiques du grand glacier d'Aletsch*. Thèse Université Nancy, 101 pp.
- RICHARD, J.-L. 1968. *Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch (Valais, Suisse)*. Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme d. Schweiz 51: 1-30, Bern.
- STEUBING, L. 1965. *Pflanzenökologisches Praktikum*. Berlin-Hamburg, S. 32-36.